

光伏储能系统原理及实现架构介绍

Leo Huang
2022/11/03

1. 全球现状
2. 市场分析
3. 系统及原理介绍
4. 愿景分析
5. Q&A

海外

- 法国电价在今年已经上涨了11倍，一度电约7.73人民币；
- 德国基准电价比去年上涨了10倍，达到了800欧元/兆瓦时的新高；
- 英国电力运营商为了紧急填补电力缺口，以一度电7.9元的天价，从比利时购买电力；
- 欧洲电价由2元/度涨到3-5元/度，用户侧光储投资回收期6-7年缩短到3年，未来电价难回到2元/度以下，民众采购光储系统意识已建立且不可逆。



头条！

国内

相关政策

5.2 太阳能系统

- 5.2.1 新建建筑应安装太阳能系统。
- 5.2.2 在既有建筑上增设或改造太阳能系统，必须经建筑结构安全复核，满足建筑结构的安全性要求。
- 5.2.3 太阳能系统应做到全年综合利用，根据使用地的气候特征、实际需求和适用条件，为建筑物供电、供生活热水、供暖或（及）供冷。

摘自住建部《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（GB 55015-2021）内容

今年7月份，国家电网就发布了《国家电网有限公司关于2022年年度预算第1次可再生能源电价附加补助资金拨付情况的公告》

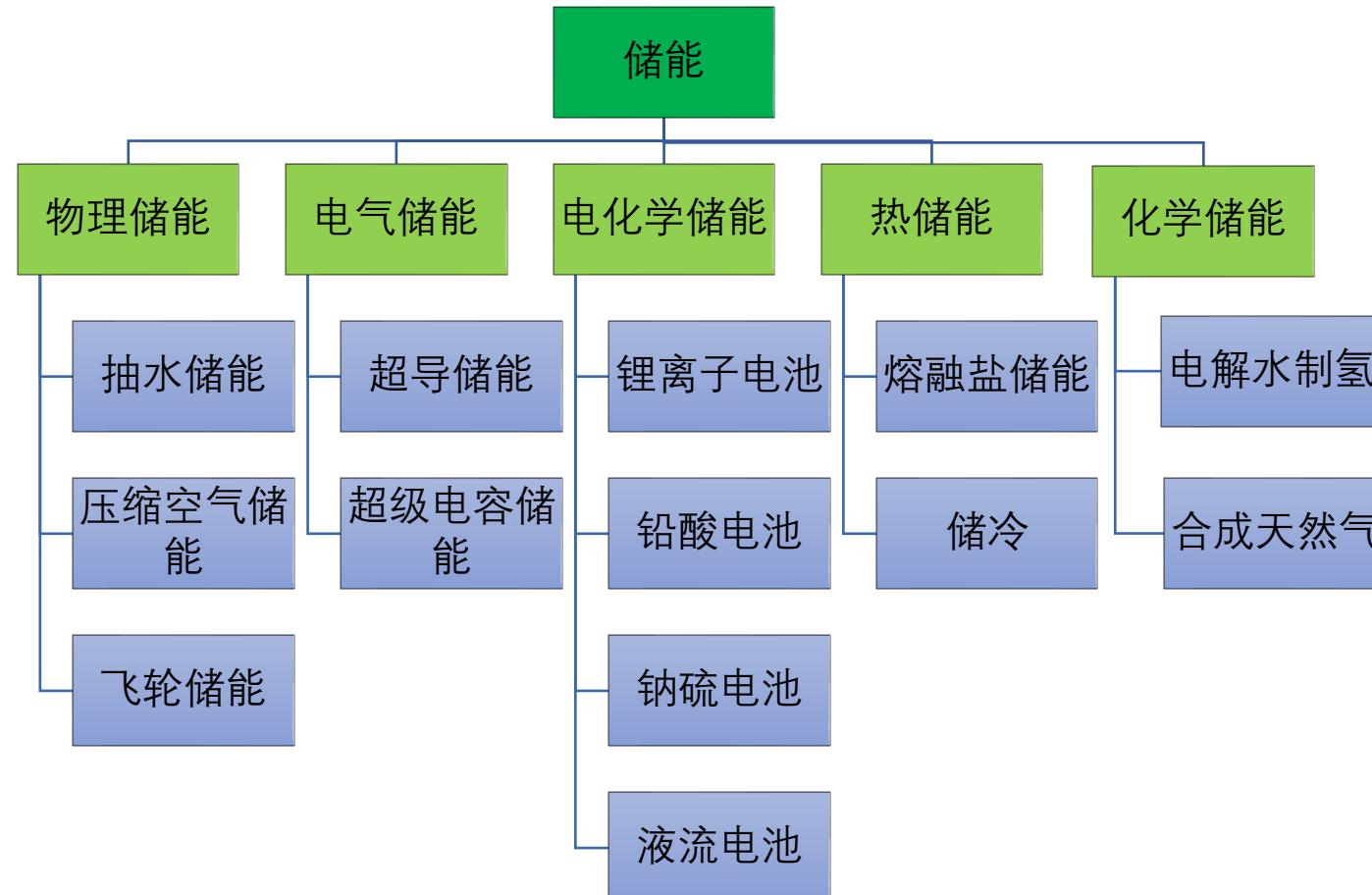
二、2022年年度预算第1次补助资金总体情况

2022年年度预算第1次请款，财政部共预计拨付公司可再生能源电价附加补助资金年度预算3,993,719万元，其中：风力发电1,051,809万元、太阳能发电2,606,737万元、生物质能发电335,173万元。

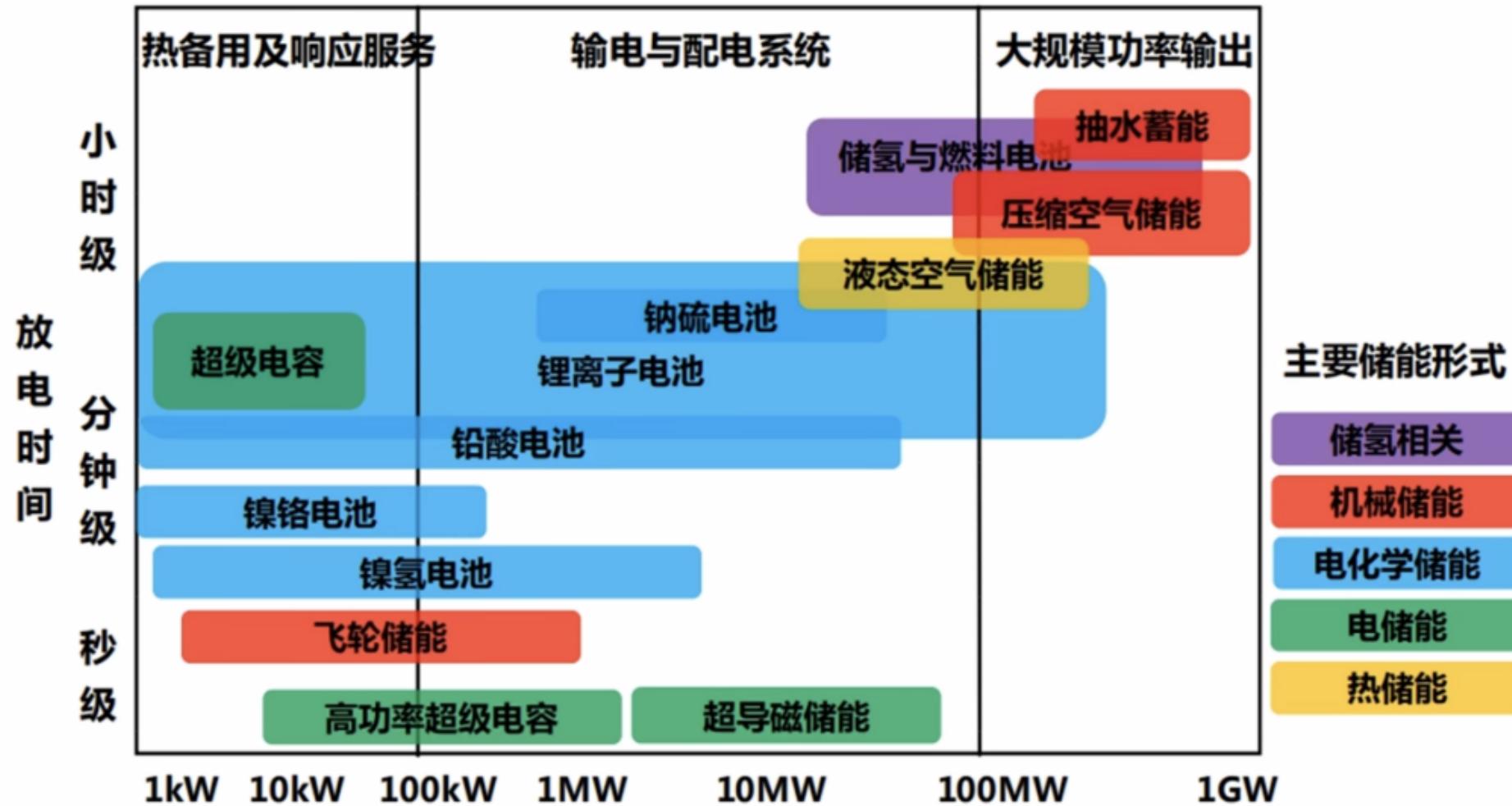
国内

10月16日，中国共产党第二十次全国代表大会在京召开。开幕会上，习近平总书记作二十大报告。二十大报告共分为十五章。其中，第十章详细介绍“**推动绿色发展，促进人与自然和谐共生**”。他表示，积极稳妥推进碳达峰碳中和，立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破，有计划分步骤实施碳达峰行动，深入推进能源革命，加强煤炭清洁高效利用，加快规划建设新型能源体系，积极参与应对气候变化全球治理。

储能技术分类



主要储能分布及应用图



全球储能市场规模

根据中国能源研究会储能专委会/中关村储能产业技术联盟 (CNESA) 全球储能项目库的不完全统计, 截至 2021 年底, 全球已投运电力储能项目累计装机规模 209.4GW, 同比增长 9%。其中, 抽水蓄能的累计装机规模占比首次低于 90%, 比去年同期下降 4.1 个百分点; **新型储能的累计装机规模紧随其后, 为 25.4GW, 同比增长 67.7%**, 其中, 锂离子电池占据绝对主导地位, 市场份额超过 90%。

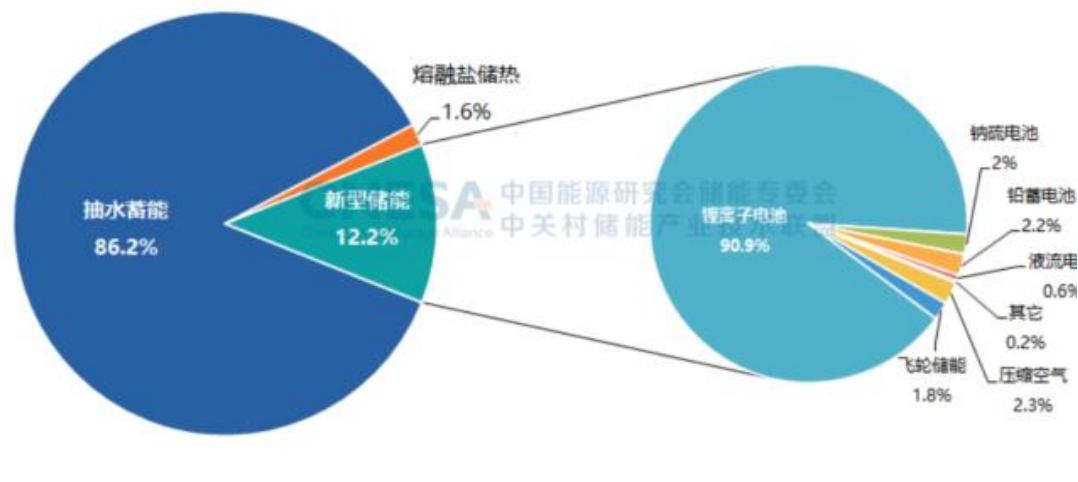


图 1: 全球电力储能市场累计装机规模 (MW%, 2000-2021)

数据来源: CNESA 全球储能项目库



图 2: 全球新型储能市场累计装机规模 (MW%, 2000-2021)

数据来源: CNESA 全球储能项目库

国内新型储能市场预测

预计 2026 年新型储能累计规模将达到 **48.5GW**，2022-2026 年复合年均增长率 (CAGR) 为 53.3%，市场将呈现稳步、快速增长的趋势。

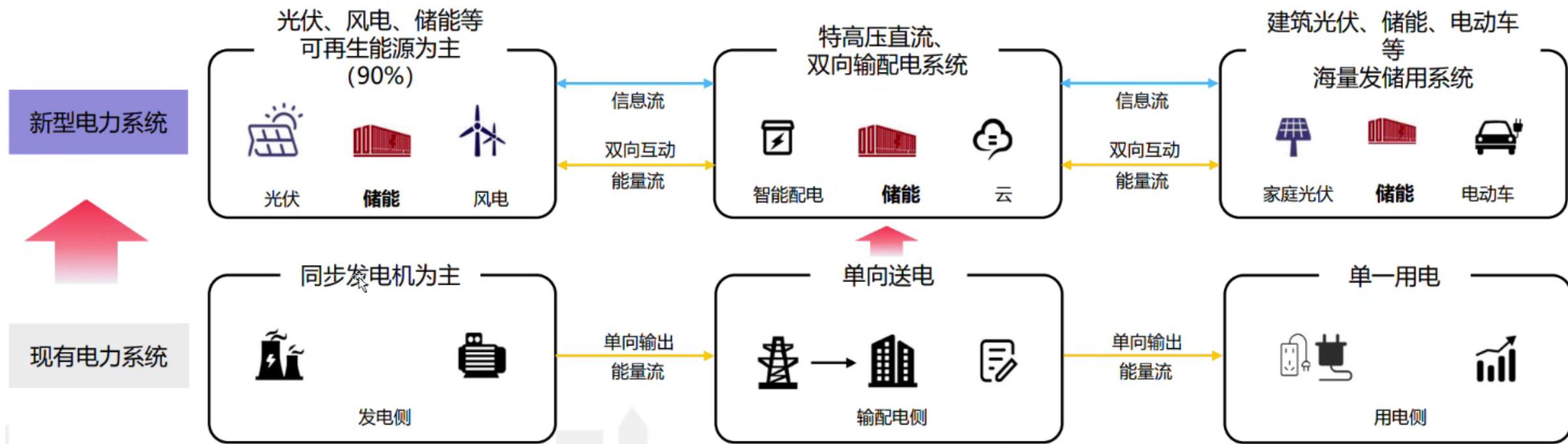


图 15：中国新型储能累计投运规模预测（保守场景，2022-2026）

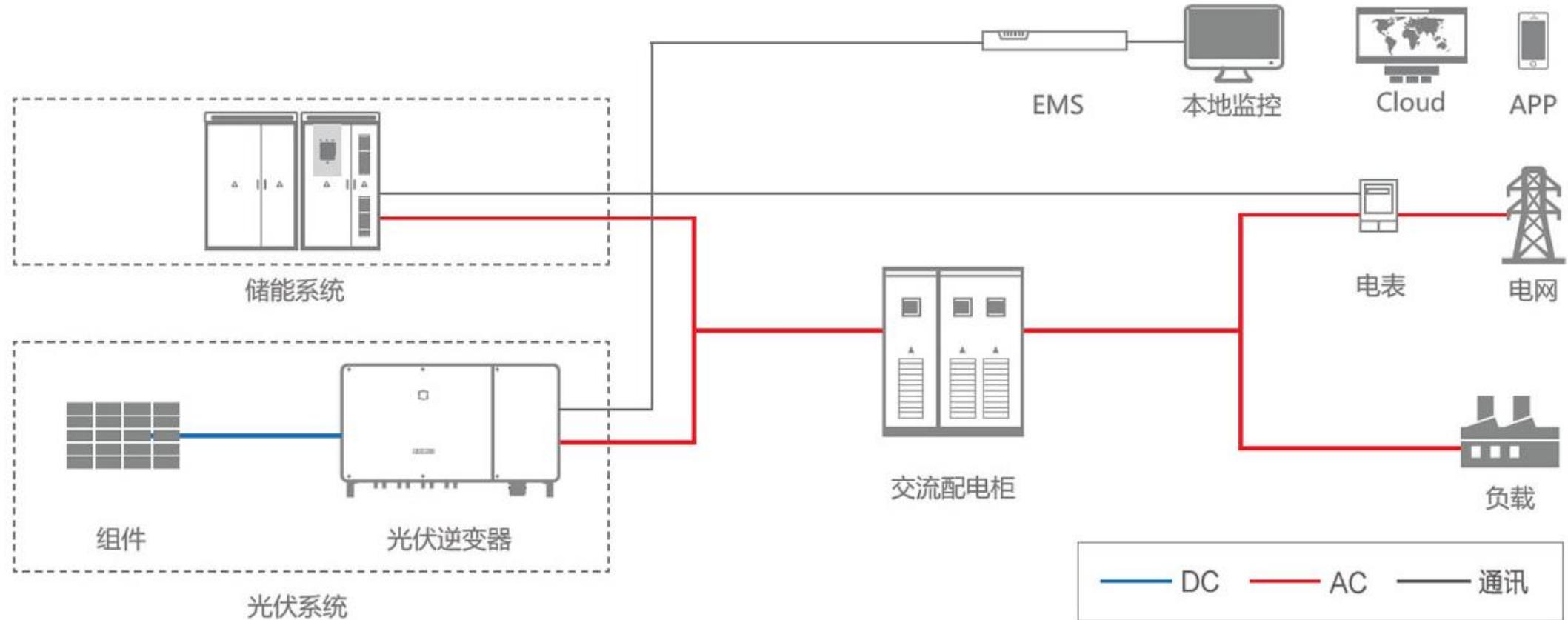
数据来源：CNESA 全球储能项目库

现状分析

四高：高比例可再生能源、高比例电力电子装备、高度数字化、高度智能化

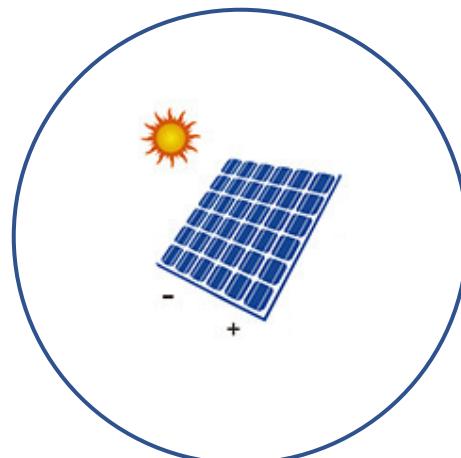


光伏-储能系统



光伏系统

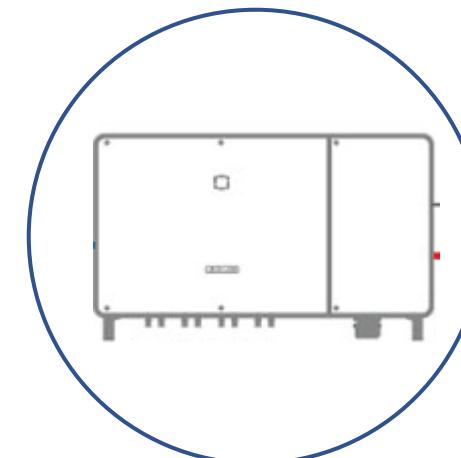
- 光伏系统包括光伏组件、光伏功率优化器、光伏逆变器



光伏组件



光伏功率优化器



光伏逆变器

光伏组件

- 目前常用的光伏组件主要分为两种：单晶组件和多晶组件。



单晶组件将光能转化为电能的效率更高，也更节省空间，持久耐用，且设计美观，是住宅及小型商用屋顶安装的理想解决方案。



多晶组件生产过程便捷，是更经济、普遍的选择。该组件有多种规格及颜色，适用于民用和大型项目，以及离网和并网系统。

光伏功率优化器

- 功率优化器是一种直流输入、直流输出的组件级别电力电子设备。每一至两块光伏组件连接一个具有最大功率点跟踪功能的功率优化器，优化器可根据串联电路需要，将低电流转化为高电流，最后将各功率优化器的输出端串联并接入汇流箱或逆变器，可实现组件级别的控制。

- 实时数据监控
- 电量优化提升
- 安全快速关断
- 异常及时响应



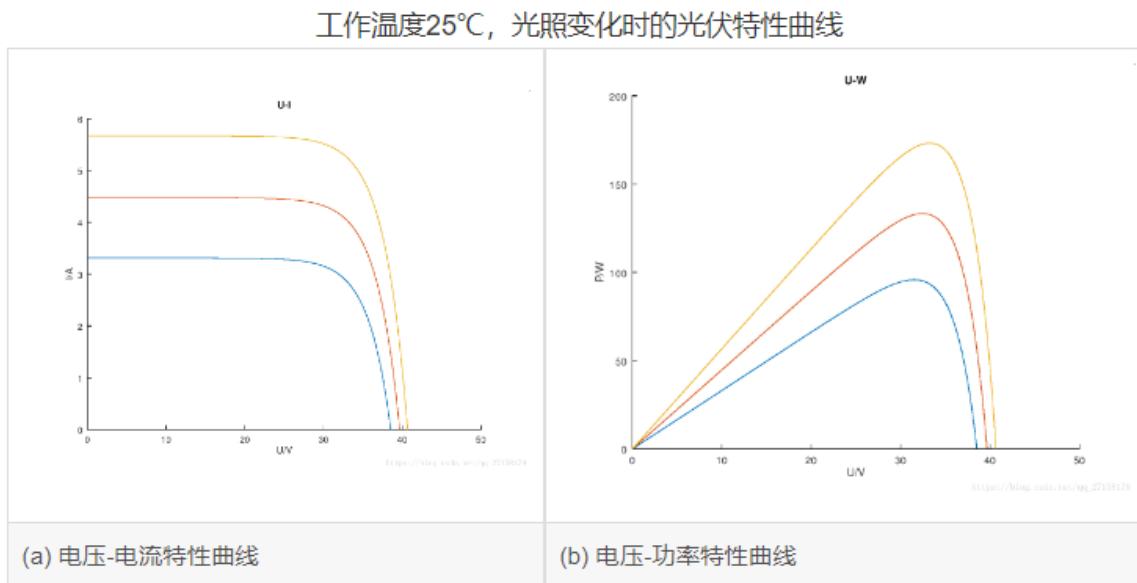
MPPT

最大功率点跟踪，MPPT (Maximum Power Point Tracking) 控制器能够实时侦测太阳能板的发电电压，并追踪最高电压电流值(VI)，使系统以最大功率输出对蓄电池充电。应用于太阳能光伏系统中，协调太阳能电池板、蓄电池、负载的工作，是光伏系统的大脑。

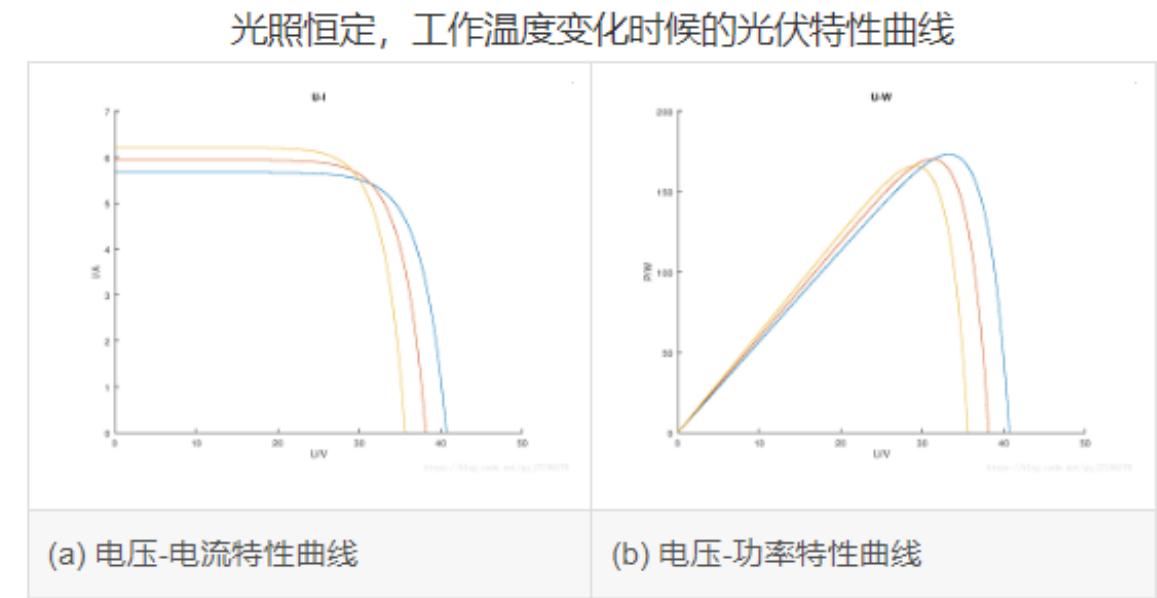
由于光照、温度具有不确定性，故需要MPPT控制来追踪系统当前的最大功率状态，以达到最佳效能。

PV板光伏特性

下图中，光伏电池工作在25°C，光照分别是1000W/m²（橙色）、800W/m²（红色）、600W/m²（蓝色）。

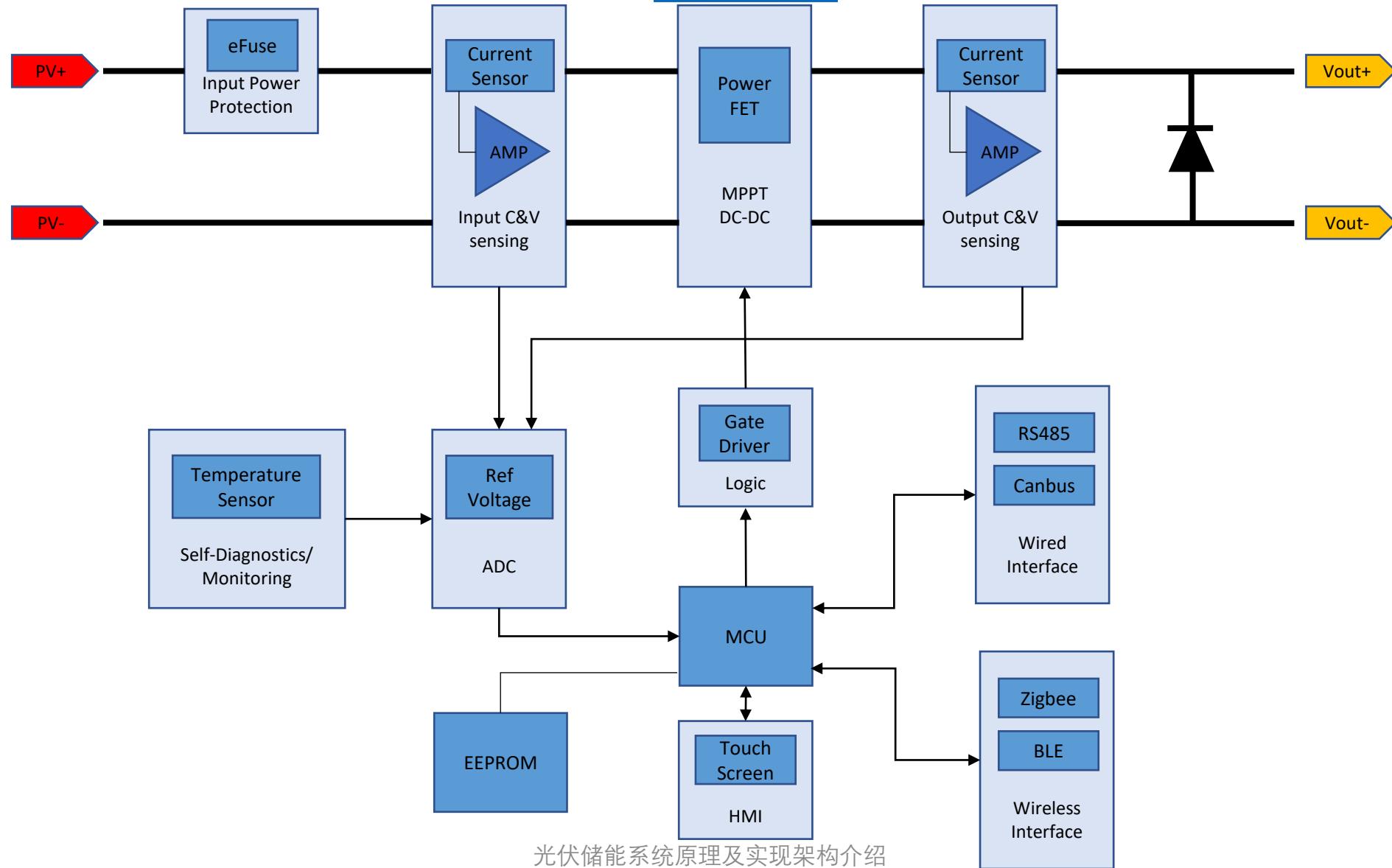


下图中，光照设定为1000W/m²，工作温度分别是25°C（蓝色）、45°C（红色）、65°C（橙色）。



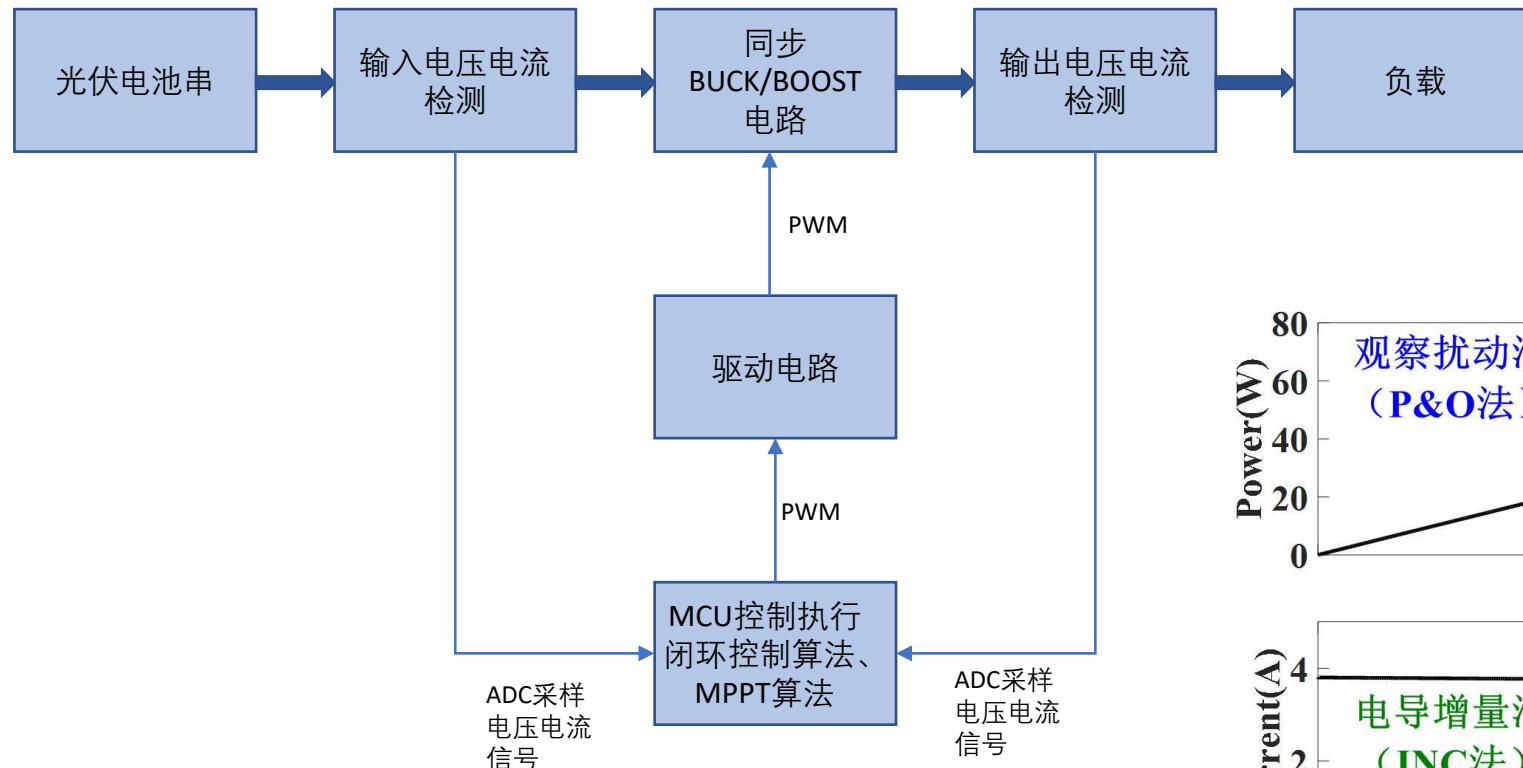
MPPT 电路架构

YOSUN

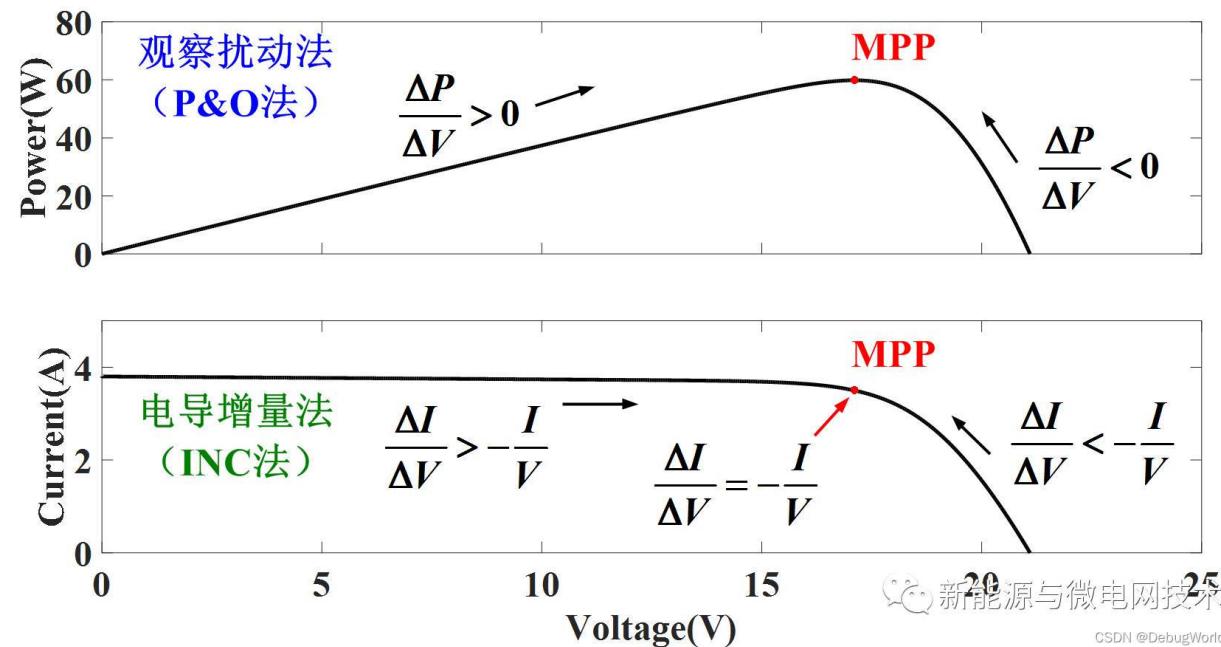


光伏储能系统原理及实现架构介绍

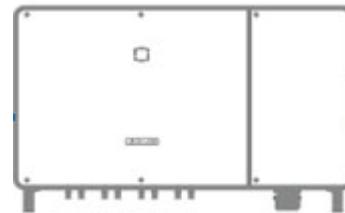
常用MPPT算法



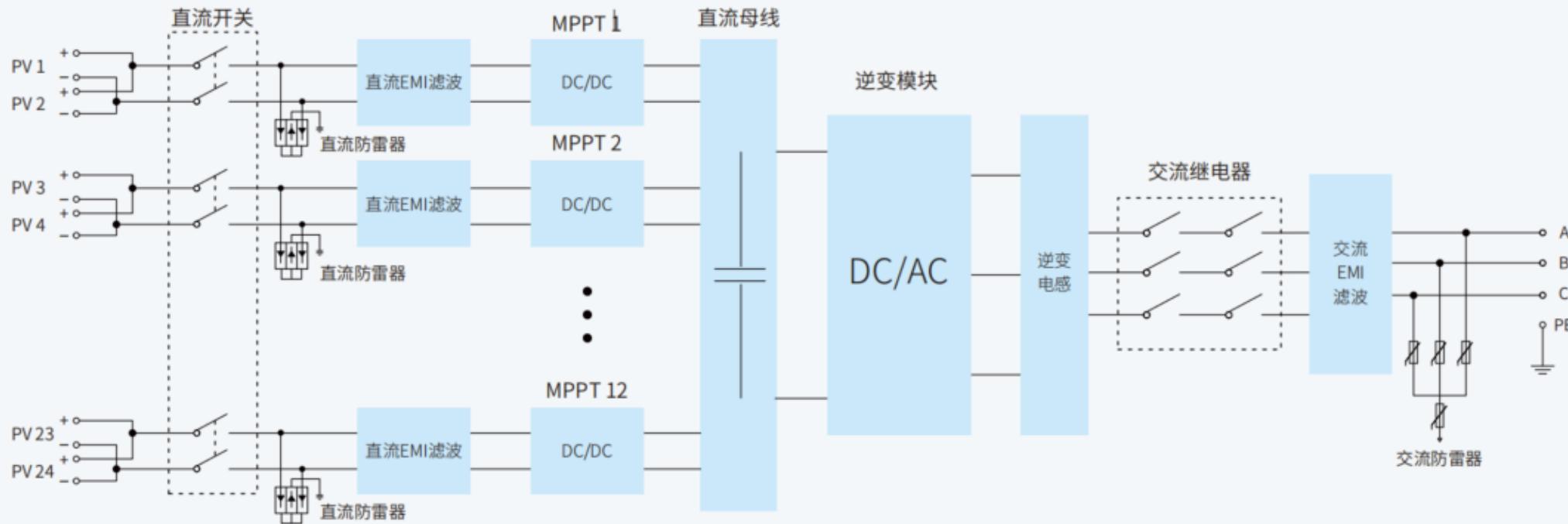
- 恒定电压法
- 扰动观察法 (P&O法)
- 电导增量法 (INC法)



光伏逆变器

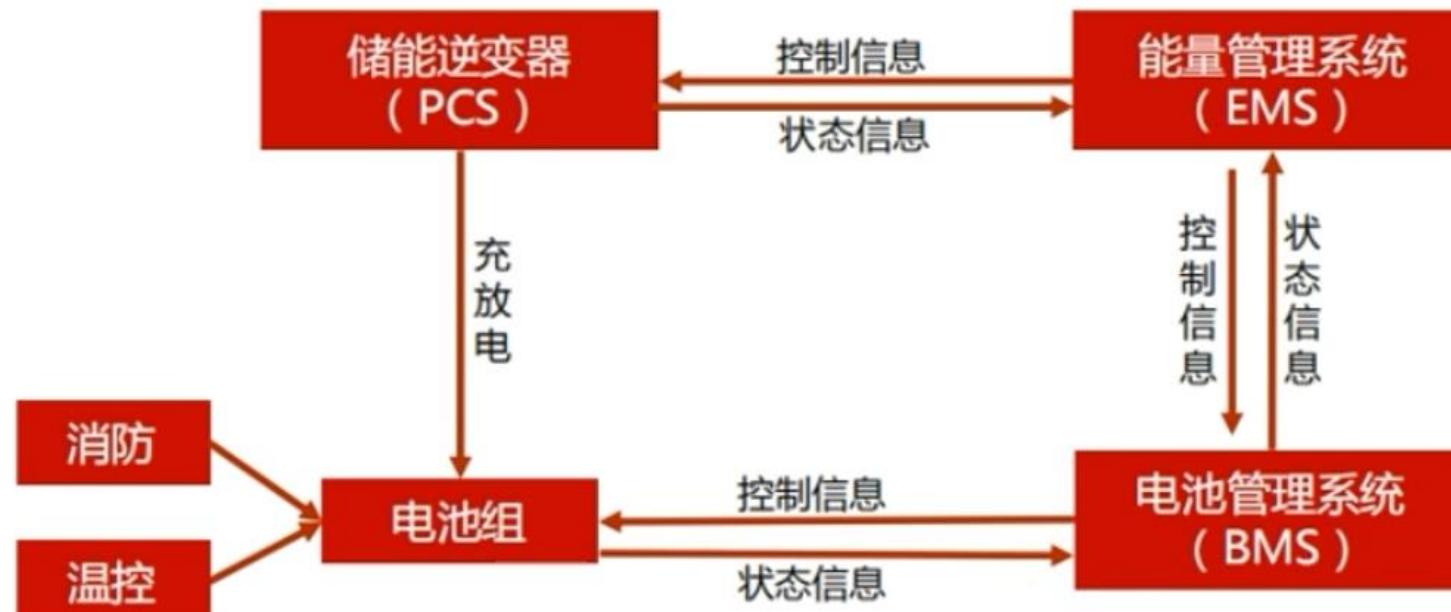


电路框图



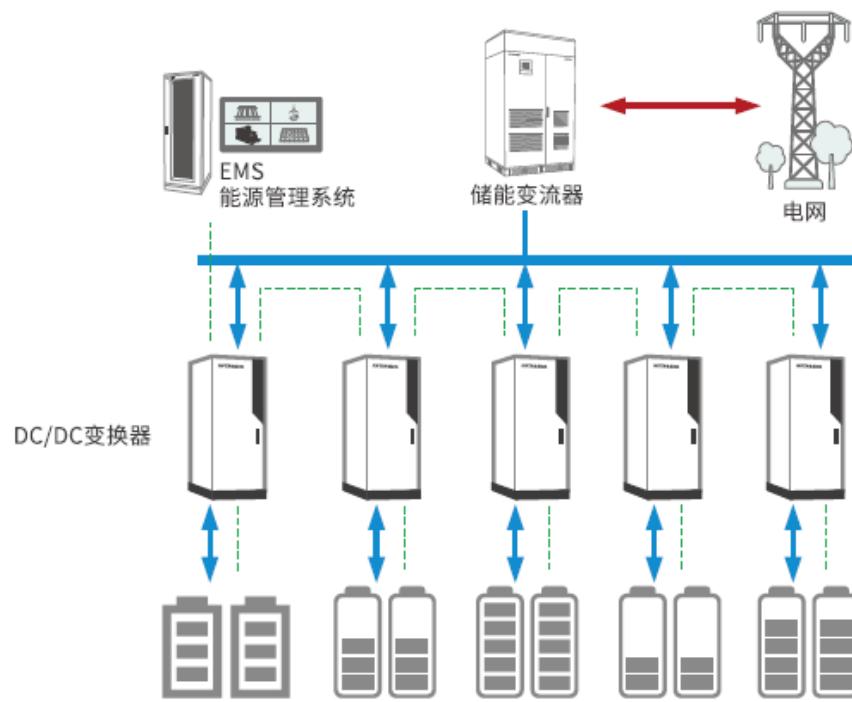
储能系统

- 储能技术被广泛应用于提升电网输出与负荷匹配度，降低电网输出波动，减少电能损耗，以提升能源利用效率。
- 储能系统主要由电池组、电池管理系统（BMS）、储能变流器（PCS）、能量管理系统（EMS）和其他电气设备组成



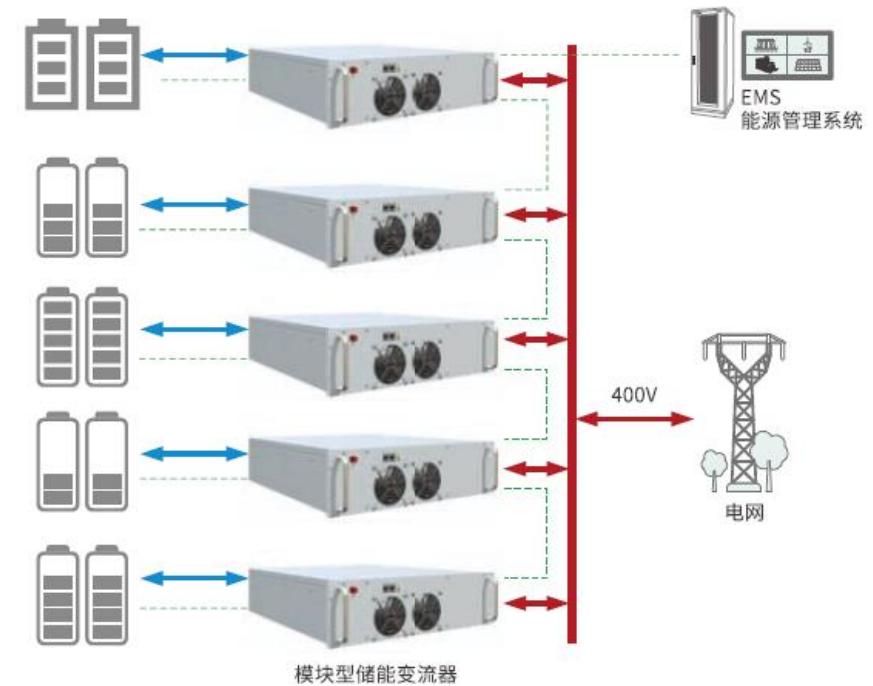
储能系统架构分类

直流母线型



通讯线
交流线
直流线

交流母线型

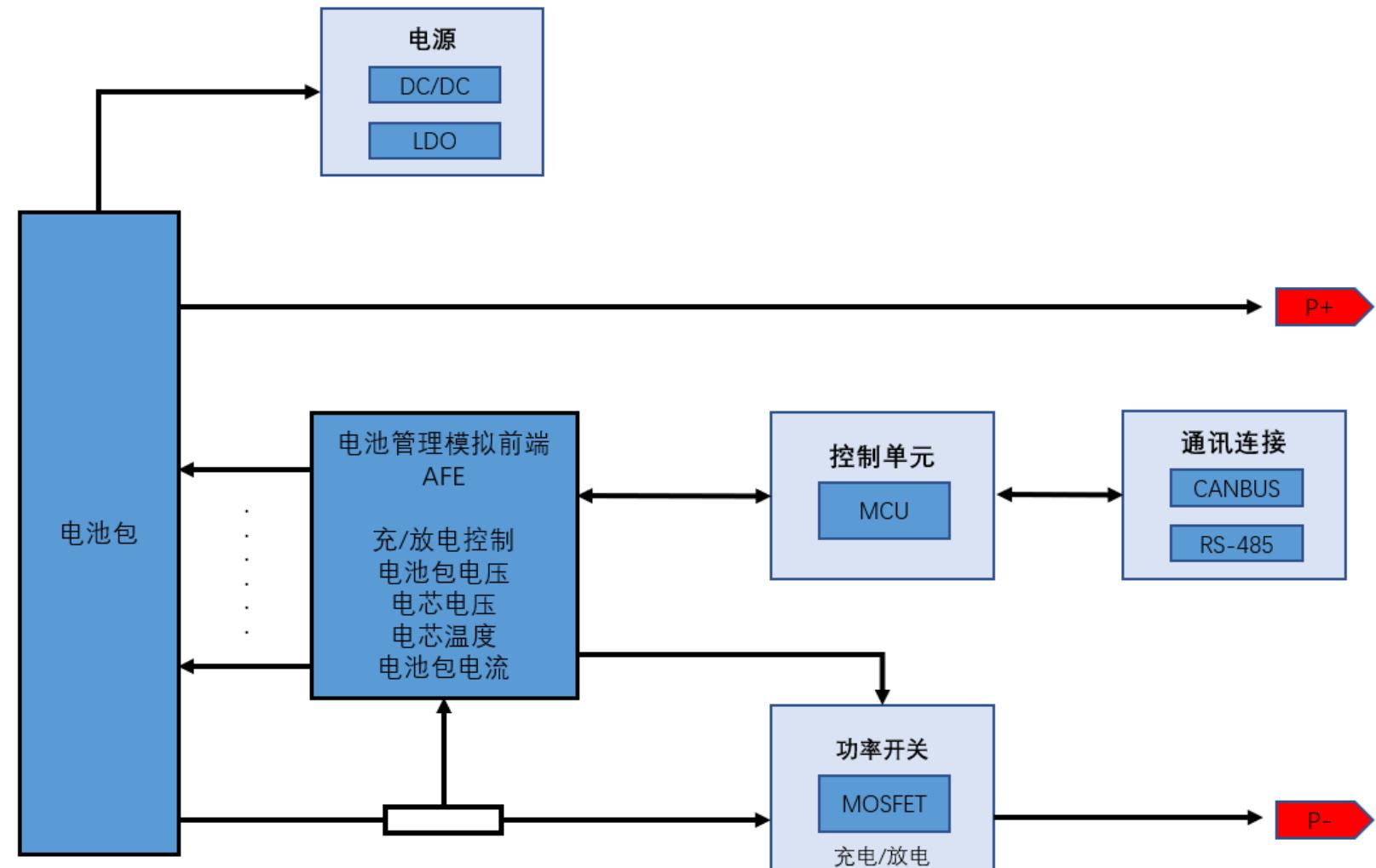


储能系统架构分类

直流母线型	交流母线型
将储能系统直接(或通过DC/DC变换器)并联在可再生能源的电力电子变换器 AC/DC的直流端，通过此变换器来实现储能系统与可再生能源及电网的能量变换与控制。一般用于500kW以下功率系统场景。	将储能系统经电力电子变换器(DC/AC或DC/DC+DC/AC)直接与电网相连，即并联在可再生能源变换器的交流端。一般用于大功率场景。
优点 ：具有可靠性高、损耗低及便于控制等优点，其控制研究的重点在于直流端的可再生能源与储能系统、负载等之间的协调控制。 缺点 ：但因易受可再生能源的电力电子变换器容量限制，进而影响储能系统的能量及功率控制能力。 交流汇聚接入方式	优点 ：易实现容量扩展、便于模块化管理与控制，是实际应用中采用较多的一种接入方式。模块化设备，容易并网扩展，容易改变应用状态。光伏系统和储能系统基本能分开考虑设计。 缺点 ：由于分立设备比较多，导致成本较高。

BMS架构

BMS 主要由电池包、
模拟前端、功率开关
和控制单元组成。



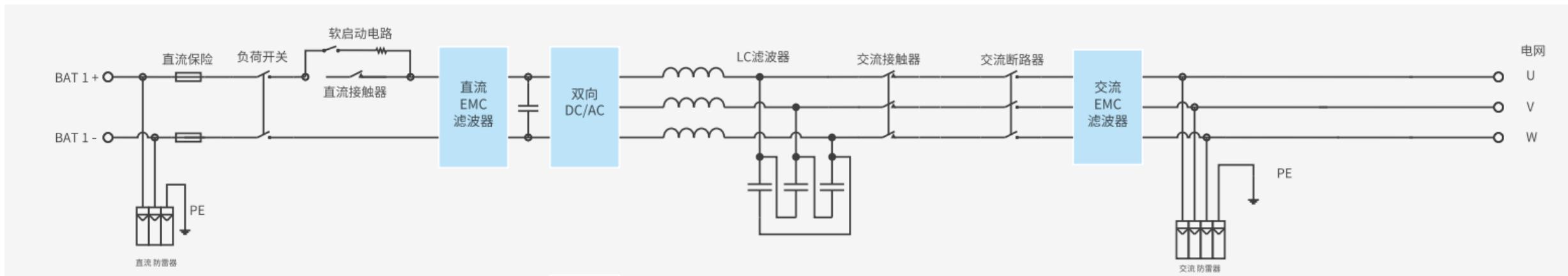
PCS (Power Conversion System)

PCS，又称双向储能逆变器，其作用是把电池的直流电逆变成交流电，输送给电网或者其他交流负荷使用；把电网的交流电整流为直流电，给电池充电，PCS是储能系统与电网或微网实现电能双向流动的核心部件。

PCS由功率、控制、保护、监控等软硬件组成，其主要功能包括平抑功率、信息交互、保护等，PCS决定了输出电能质量和动态特性，也很大程度影响了电池使用寿命。

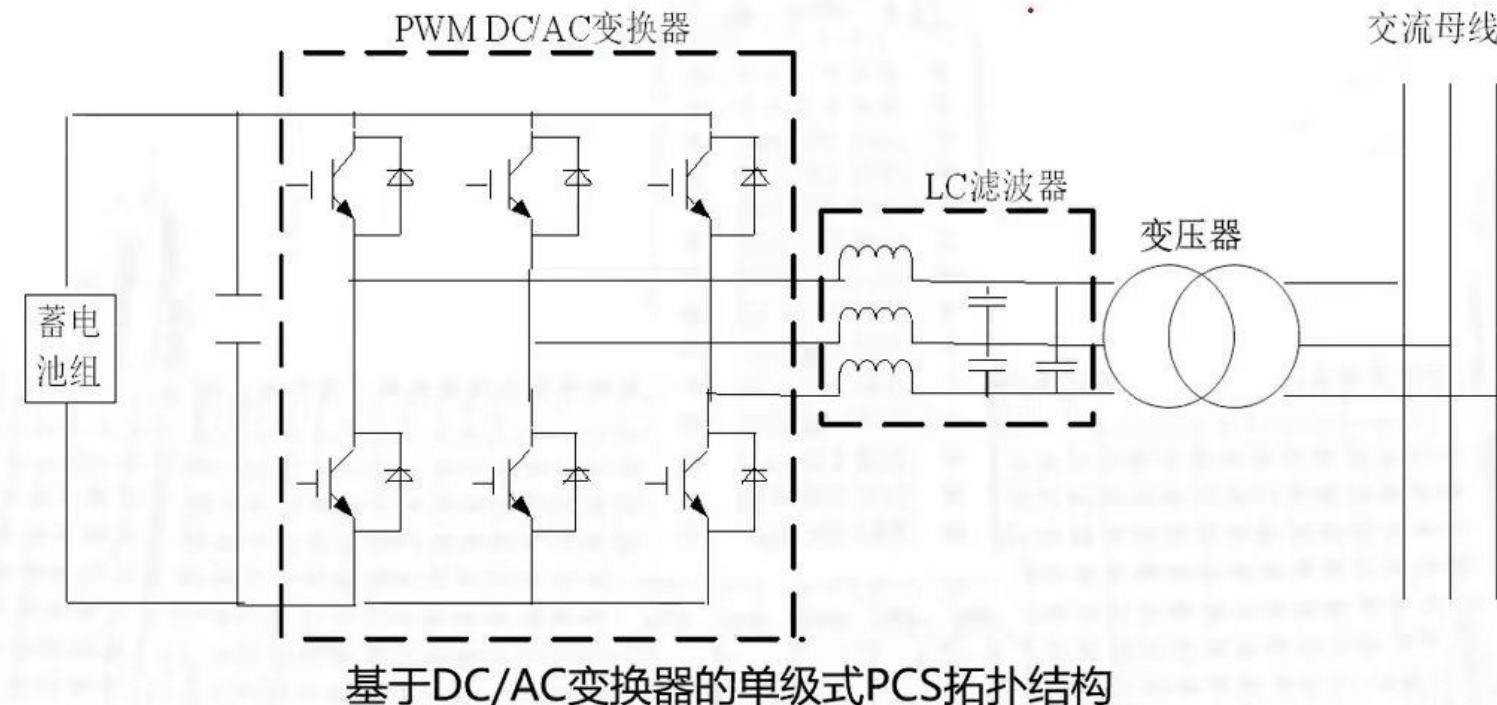


逆变器



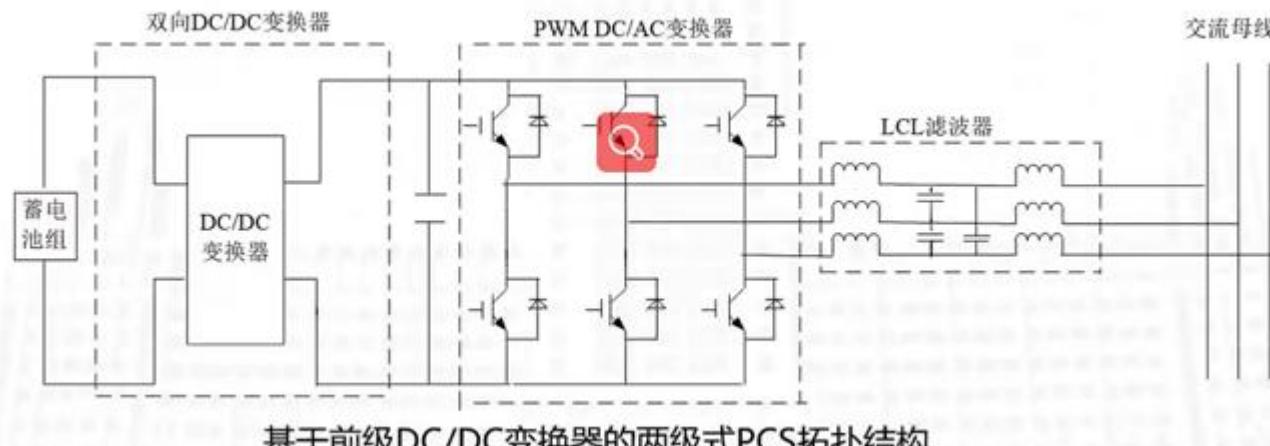
双向DC/AC拓扑

基于DC/AC变流器的单级式PCS拓扑是一种**最为简单的PCS拓扑结构**。

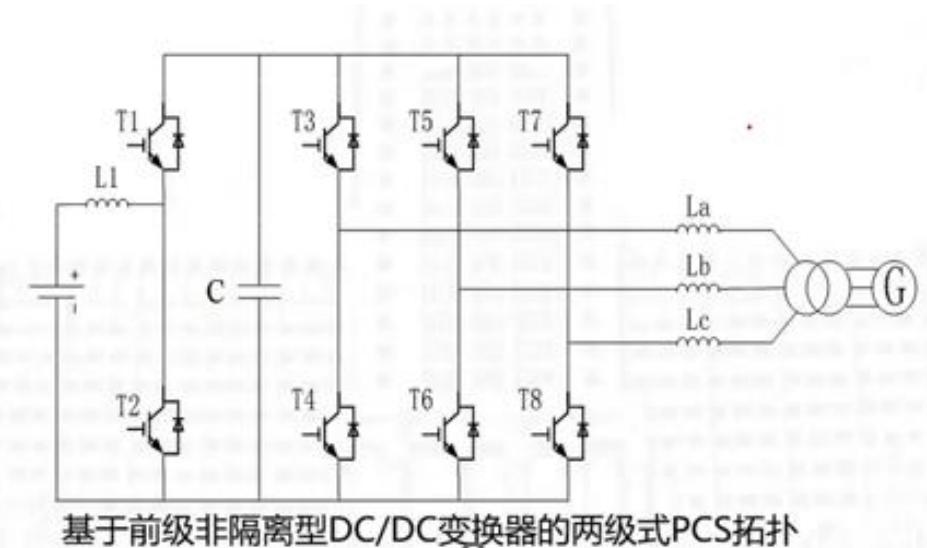


DC/AC拓扑

前级DC/DC变换器主要实现升、降压变换，以使直流电压满足后级并网逆变器并网控制要求；后级DC/AC变换器则实现并网运行。



前级采用**BUCK-BOOST双向变换器**设计，并且可采用多路BUCK-BOOST双向变换器**并联**以适应多种类型储能电池的接入。

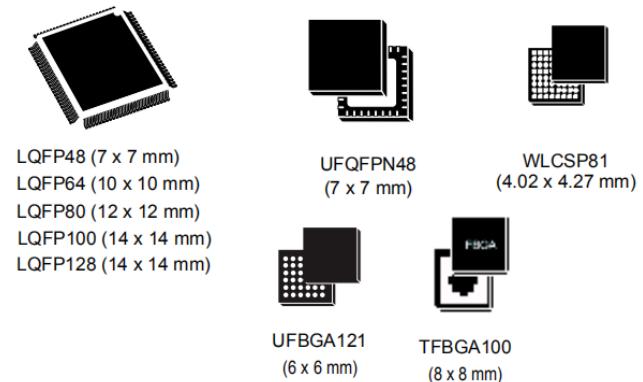


Key Device

- STM32G474
- L9963E
- MOS / IGBT / SiC

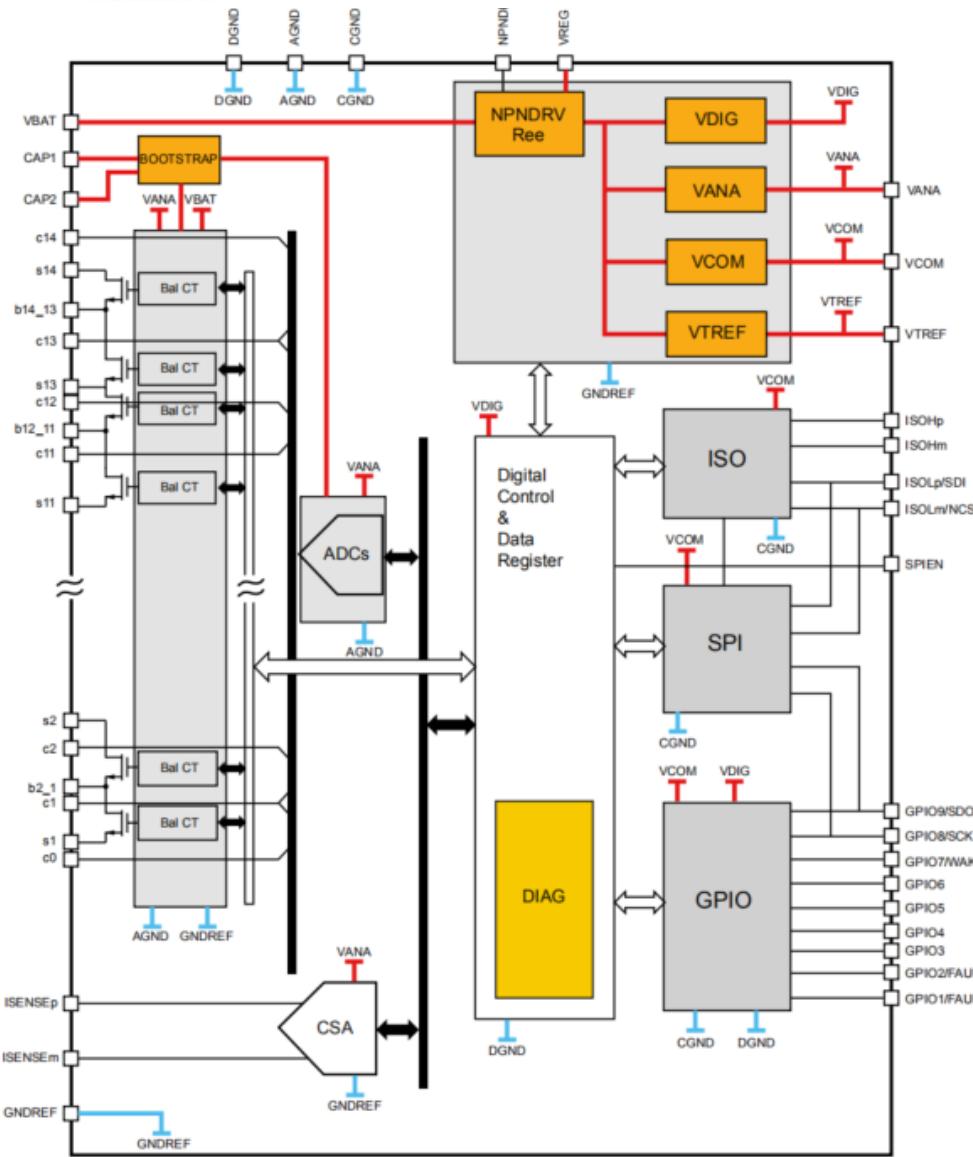
STM32G474

- 一个高分辨率定时器，有12个独立信道，每个信道分辨率为184ps，有温漂和电压漂移自补偿功能
- 多达25个先进模拟外设：
 - 多达5个400万次/秒12位模数转换器（ADC），有硬件过采样功能，可实现16位分辨率
 - 多达6个高速、高增益带宽运算放大器，内部1%增益设定
 - 多达7个1500万次/秒12位数模转换器（DAC）
 - 多达7个比较器，传播延迟为16.7ns
- CAN-FD工业通讯技术，有效载荷比特率是标准CAN的8倍
- 运行模式功耗低于 $165\mu\text{A}/\text{MHz}$ ，延长电池续航时间
- 容量更大的片上RAM，高达128KB，有同位功能
- 闪存容量高达512KB，有错误校验功能（ECC）
- 增加DMA和外部中断的灵活可变性
- 为优化数字或模拟功能，分为三大产品系列：基本系列、增强系列和高分辨率系列





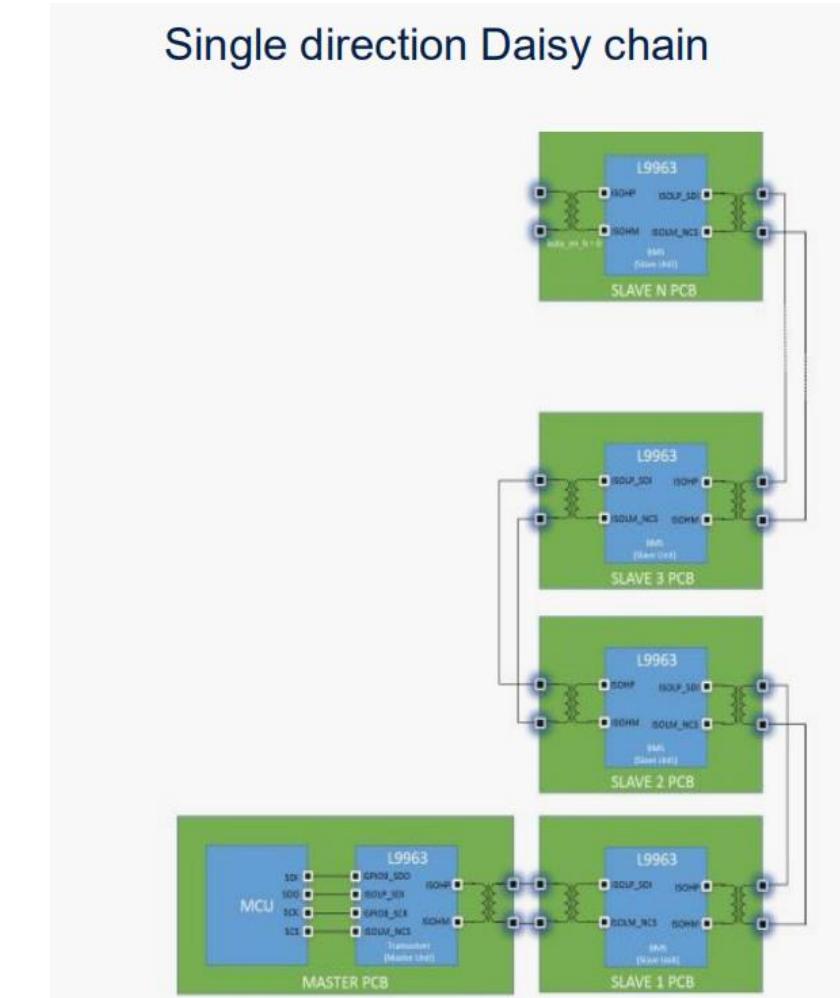
L9963E



- 串联测量4至14个电池，采样之间的同步延迟为0 μ s。还支持母线连接，而不会改变电池的结果
 - 库仑计数器在点火开关处于打开和关闭状态时都支持电池组过电流检测。完全同步的电流和电压样本
 - 16位电压测量，在整个工作温度范围内，在[1.7 – 4.7] V范围内的最大误差为 ± 2 mV
 - 具有再生缓冲区的2.66 Mbps隔离串行通信，支持双访问环。链中第一个和第15个器件开始转换之间的延迟小于2 μ s。少于4 ms，即可在使用8个L9963的系统中转换和读取96个单元。支持基于变压器和电容的隔离
 - 在正常和静音平衡模式下，每个电池的无源内部平衡电流为200 mA。可以执行循环唤醒测量。手动/定时平衡，同时在多个通道上；内部/外部平衡
 - 完全精简的电池测量路径，带有ADC交换功能，可增强安全性和简化
 - 提供自动故障验证的智能诊断程序。通过SPI全局状态字 (GSW) 和专用故障线进行故障通知
 - 两个5 V稳压器支持具有25 mA (VCOM) 和50 mA (VTREF) 电流能力的外部负载连接
 - 9个GPIO，最多7个模拟输入用于NTC检测
 - 强大的热插拔性能。无需与每个单元并联的齐纳二极管
 - 完全符合ISO26262标准，ASIL-D系统就绪
 - TQFP64EP封装

L9963E菊花链式连接

每颗L9963E可以监控4-14节电池，一个拓扑中，最多能接入31个电池组，相当于最多能同时监控434节电池



功率器件SiC

STPOWER SiC MOSFET Positioning vs. product family & Focus application

Breakdown Voltage	650V	750V / 900V	1200V	1700V			
Series	G2	G3	G3	G1	G2	G3	G1
On-state resistance	18 mOhm to 55 mOhm	14 to 55 mOhm	11 mOhm (750) 12 mOhm (1200)	52 mOhm to 520 mOhm	25 mOhm to 75 mOhm	8 to 69 mOhm	1 Ohm and 65 mOhm
Focus Applications	OBC & DC-DC Renewable energy Power Supply Industrial drives	Traction OBC & DC-DC High density Power Supply	Traction Inverter OBC & DC-DC High density Power Supply	Photovoltaic Power supply	OBC & DC-DC Inverter Charging stations Industrial drives	Traction Inverter OBC & DC-DC HF Power Supply	DC-DC Power Supply Renewable energy

愿景

- 2030碳达峰
- 2060碳中和

Q&A



谢谢

產業首選 · 通路標竿
光伏储能系统原理及实现架构介绍